

PLANTEAMIENTO DE LA DOCENCIA EN ASIGNATURAS DE CIENCIA E INGENIERÍA (INECE'08)

M. V. Biezma ^{1*}, J. C. Suárez ² y F. López ³

1: Departamento de Ciencia e Ingeniería del Terreno y los Materiales Grupo
Escuela Técnica Superior de Náutica
Universidad de Cantabria
Calle Germán Gamazo, 1, 39004 Santander
e-mail: biez mav@unican.es web: <http://www.unican.es>

2: Departamento de Arquitectura y Construcciones Navales
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales
Universidad Politécnica de Madrid
Avenida Arco de la Victoria s /n 28040 Madrid
e-mail: juancarlos.suarez@upm.es web: <http://www.upm.es>

3: Departamento de Ingeniería de Materiales
Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas
Universidad Politécnica de Madrid
Calle Alenza, 4, 28003 Madrid
e-mail: francisco.lopezm@upm.es web: <http://www.upm.es>

Resumen. *Teniendo en cuenta que Ciencia es la doctrina metódica formada y ordenada que constituye una rama particular del saber humano, e Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y las fuentes de energía, la docencia de las asignaturas que vinculan ambos aspectos, Ciencia e Ingeniería, debe tener un carácter ampliamente multidisciplinar. Los autores de este trabajo presentan una metodología de docencia que implica distintas actividades incitando al alumno a una participación muy activa, ayudarle a que aflore su espíritu científico y disfrute con el estudio, concepto que a un profesor nos puede resultar familiar, pero que al alumno es muy difícil hacérselo comprender.*

1. Introducción

La Universidad debe ofrecer al alumno una serie de objetivos a alcanzar a lo largo de su actividad académica, puesto que no debemos olvidar que es la institución de mayor nivel académico de un país, y que cada titulación ha sido pormenorizadamente estudiada. Los objetivos son, entre otros, los siguientes:

- Formación básica y especializada científica, técnica, tecnológica y cultural del alumno
- Ofrecer unas enseñanzas en un contexto universal cada vez más cambiante
- Ayudar a que el estudiante desarrolle aptitudes y actitudes
- Sensibilidad social
- Desarrollar un sentido crítico y abrir su espíritu científico
- Formación internacional

Teniendo en cuenta que Ciencia es la doctrina metódica formada y ordenada que constituye una rama particular del saber humano, e Ingeniería es el conjunto de conocimientos y técnicas que permiten aplicar el saber científico a la utilización de la materia y las fuentes de energía, la docencia de las asignaturas que vinculan ambos aspectos, Ciencia e Ingeniería, debe tener un carácter ampliamente multidisciplinar. En algunos planes de estudios, en donde se imparten al unísono asignaturas de ciencia e ingeniería, a veces se plantea una división exagerada entre ambas parcelas, ciencia e ingeniería, y hay que hacer llegar al alumno que no hay que olvidar que hace falta una base científica bien consolidada para preparar a un ingeniero. No obstante, y a pesar de estar en el siglo XXI, existe una falta de base científica en los planes de estudios de carreras clásicamente ingenieriles, como puede ser Ingeniería Industrial, Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, Ingeniería Naval, Ingeniería Aeronáutica, etc. [1]

Está aceptada por la comunidad universitaria que el científico es el profesional cualificado vinculado a una rama del saber basada en la propia ciencia, y el ingeniero es aquel profesional cualificado vinculado a una determinada aplicación de una o varias ramas del conocimiento basadas en las ciencias y la tecnología, es decir, se necesita una fuerte base científica para preparar a un ingeniero. El ingeniero participa de una manera importante en todo aquello relacionado a la selección, diseño y administración de todo el proceso que permite satisfacer una necesidad que reclama la industria, cuyos elementos, componentes o estructuras trabajan en condiciones cada vez más extremas.

Cuando el alumno llega a la Universidad se observa que carece de terminología importante vinculada a muchas disciplinas, siendo especialmente llamativa la relacionada con la química, puesto que es una asignatura que no es obligatoria en los planes de estudio actuales del bachillerato español. Un estudio reciente ha demostrado, a partir de datos facilitados por Universidades Españolas, que sólo el 33% de los alumnos matriculados en Selectividad se examina de Química, y que en ningún caso se supera el 6,3 de calificación media en Junio, y que dicha media es inferior al aprobado en Septiembre [2]. Este hecho refleja la escasa base de conocimiento químico de los alumnos universitarios que estudiarán carreras que tengan asignaturas de Ciencia e Ingeniería en las diferentes ingenierías, y justificarán la necesidad de un refuerzo de dicha base química, aprovechando los cambios legislativos y metodológicos que supone el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

El Real Decreto 1393/2007, de 29 de octubre establece la ordenación de las enseñanzas universitarias oficiales, en el que se dividen los estudios universitarios en Áreas de Conocimiento, y obliga a los alumnos del Área de Ingenierías y Arquitectura a realizar 36 créditos en los dos primeros cursos seleccionando entre las siguientes asignaturas: Empresa, Expresión Gráfica, Física, Informática, Matemáticas y Química. Hay que animar al alumno, a las Universidades y a los docentes a elegir u ofrecer asignaturas específicamente científicas, como puede ser la Química como parte de la formación básica en Ingeniería, e incluso desarrollarla más allá de lo estrictamente obligatorio.

El ingeniero continúa dependiendo íntimamente de los avances desarrollados en el campo de la química. Hay que resaltar el caso de las Ciencias Químicas que han derivado en la creación de una disciplina con identidad propia como son los estudios de Ingeniería Química; ésta es una rama de la ingeniería que tiene una sólida

formación en ciencias básicas, ciencias de la ingeniería y gestión. Esta especialidad desempeña un papel fundamental en el diseño, mantenimiento, evaluación, optimización, simulación, planificación, construcción y operación de plantas en la industria de procesos, relacionada con la producción de compuestos y productos, cuya elaboración requiere sofisticadas transformaciones físicas y químicas de la materia. El ingeniero químico es el encargado de todas las etapas anteriores, partiendo de materias primas hasta poner en las manos del consumidor un producto final. La ingeniería química también se enfoca al diseño de nuevos materiales y tecnologías; es una forma importante de investigación y de desarrollo. Además es líder en el campo ambiental, ya que contribuye al diseño de procesos respetuosos con el medio ambiente, en sectores tan contaminantes como puede ser el inherente al ámbito petroquímico.

Las titulaciones básicas de Ciencias y las Ingenierías pueden servir de referencia para analizar la posible falta de base química y de base ingenieril y tecnológica, respectivamente en los estudios de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. De hecho, para acceder a algunas titulaciones de reciente implantación, como es la Ingeniería de Materiales de Segundo Ciclo desde distintas titulaciones técnicas, o quienes ya han superado el primer ciclo de los estudios de Ingeniería Industrial o de Minas, se exige cursar hasta 6 créditos en la asignatura de Fundamentos Químicos [3]. Asimismo, los alumnos licenciados en Ciencias Químicas, Físicas o Ingeniero Químico, que no hayan tenido con anterioridad formación en Ciencia de los Materiales, deberán cursar hasta 18 créditos en Fundamentos en Ciencias de los Materiales y Elasticidad y Resistencia de Materiales. De esta forma se destaca la relación tan íntima existente entre ambas disciplinas, Química y Ciencia e Ingeniería de los Materiales. No obstante, en el caso de la Ingeniería Química, se observa en España que el número de créditos impartidos de Ciencia de Materiales oscila entre 4.5 y 13.5.

En España se ha observado una dispersión de datos muy llamativa en el número de créditos impartidos en la docencia de las asignaturas de ciencias básicas, tomando como referencia la asignatura de química. Así, en la titulación de Ingeniería Industrial el número de créditos de Química puede oscilar entre un mínimo de 0 créditos y un máximo de 22.5. Es importante resaltar que en la titulación de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos no se suelen impartir créditos de Química, y desde aquí se hace una llamada de atención en tanto en cuanto se impone una necesidad de reforzar la docencia de la asignatura de Química en el Bachillerato o, en su caso, durante el primer y segundo curso con al menos 12 créditos en las carreras en donde se curse Ciencia e Ingeniería de los Materiales. La supresión o reducción de horas de ciencias básicas es un error irreversible que repercutirá en la formación del alumnado, puesto que toda selección, operación, mantenimiento, fallo, etc., tiene justificada su base científica.

101 universidades de 27 países [4] han participado en un estudio que ha puesto de manifiesto la falta de conocimiento de conceptos básicos de asignaturas consideradas como científicas en los estudios de ingeniería por lo que se debe hacer un esfuerzo en considerar este hecho en el diseño de los planes de estudio que se van a perfilar en Europa, dentro de las pretensiones que tiene la convergencia europea de estudios superiores. También es llamativa la introducción de un índice que mide los conocimientos de Química, cuando el alumnado llega a las escuelas de ingeniería, que ha justificado el fracaso en las asignaturas vinculadas con la Ciencia e Ingeniería de los Materiales en algunas universidades [5-6].

Los autores de este trabajo presentan una metodología de docencia que implica la impartición de Clases de Aula, incitando al alumno a una participación muy activa, con propuesta de la realización de una colección de Problemas, que en algunos casos incluso pueden plantear los alumnos, Prácticas de Laboratorio más o menos complejas, atendiendo a la asignatura concreta que se trate, pero planteadas de forma muy sencilla, Visitas a Empresas, para que el alumno observe procesos y técnicas de producción in situ, y "Visitas por la Calle", con el fin de que el alumnado aprenda a observar, aspecto a veces olvidado, pero de gran interés al ayudarlo a desarrollar un sentido crítico. Al mismo tiempo se propone la realización de un Trabajo Monográfico de una temática de plena actualidad, que el alumno elegirá y expone al final del curso. Este aspecto le ayudará a aflorar ese espíritu científico que toda persona lleva dentro, pero que a veces es complejo fomentar.

Con esta metodología se pretende que el alumno disfrute con el estudio, concepto que a un profesor nos puede resultar familiar, pero que al alumno es muy difícil hacérselo comprender, puesto que por todos es sabido, y sin caer en la falsa demagogia, que no hay mayor satisfacción para un profesor que las actas estén repletas de notas altas, fruto del esfuerzo y dedicación del alumno.

2. Justificación de la metodología

Se incluyen clásicamente en las ciencias la química, física y las matemáticas, y en menor extensión la geología y ciencias medioambientales. Las tendencias actuales para mejorar esta situación se basan en la realización de problemas básicos que interrelacionen terminología científica con ingeniería, así como el planteamiento continuado de prácticas de laboratorio, que ayuden al alumno a familiarizarse e implicarse con estas disciplinas, aparentemente desvinculadas, pero que en determinadas asignaturas se basan en una relación reflexiva. Tal es el caso de la docencia de Ciencia e Ingeniería de los Materiales. Por ejemplo, cuando se presentan en Química los principios de la Electroquímica se puede plantear su vinculación con la aplicación al estudio de los procesos de corrosión metálica y de las técnicas anticorrosión. A veces será necesario presentar superficies de corroídas o de rotura que provoquen curiosidad y afán por profundizar en el fenómeno. El alumnado desmitificará los conceptos inaccesibles de Química, a veces ocasionados por la falta de fluidez en la terminología química, cuando los identifique con una aplicación práctica. Es decir, se debe incentivar desde los primeros cursos el afán investigador, fomentando un ambiente para la realización de actividades de investigación, bien desde el desarrollo de clases prácticas, resolución de problemas, visitas a empresas, o visitas por la calle, para que el alumno aprenda a observar, aspecto a veces olvidado pero de gran interés, al ayudarlo en el desarrollo de un sentido crítico ante cualquier problema que se plantee en su vida profesional.

Para cada plan de estudio particular nos tenemos que plantear de forma general las siguientes cuestiones, y ser capaces de constestarlas con un afán cooperativo entre todos:

- ¿Qué estrategias son viables para cada plan de estudios?
- ¿Qué tenemos que enseñar?
- ¿Cómo deben aprender nuestros alumnos?
- ¿Quién es el profesorado?
- ¿Quiénes son nuestros alumnos?

En definitiva, ¿cuáles serán las estrategias que impliquen cambios eficaces en aquellas facultades o escuelas de ingeniería para que se dé una enseñanza íntegra que aúne ciencia e ingeniería?. En la Figura 1 queda recogido el organigrama que pretende resalta la fuerte influencia de la ciencia en la ingeniería, y cómo el alumno debe comprender este esquema desde los primeros días de clase, y mantenerlo durante toda su vida académica, porque es práctica habitual en el diseño de los planes de estudio en las carreras de ingeniería dedicar la base científica a los primeros cursos, y habría que analizar si sería necesario un reforzamiento de dicha base en los últimos cursos, pues no olvidemos que existen en determinados ámbitos un desarrollo tecnológico que evoluciona a gran velocidad.

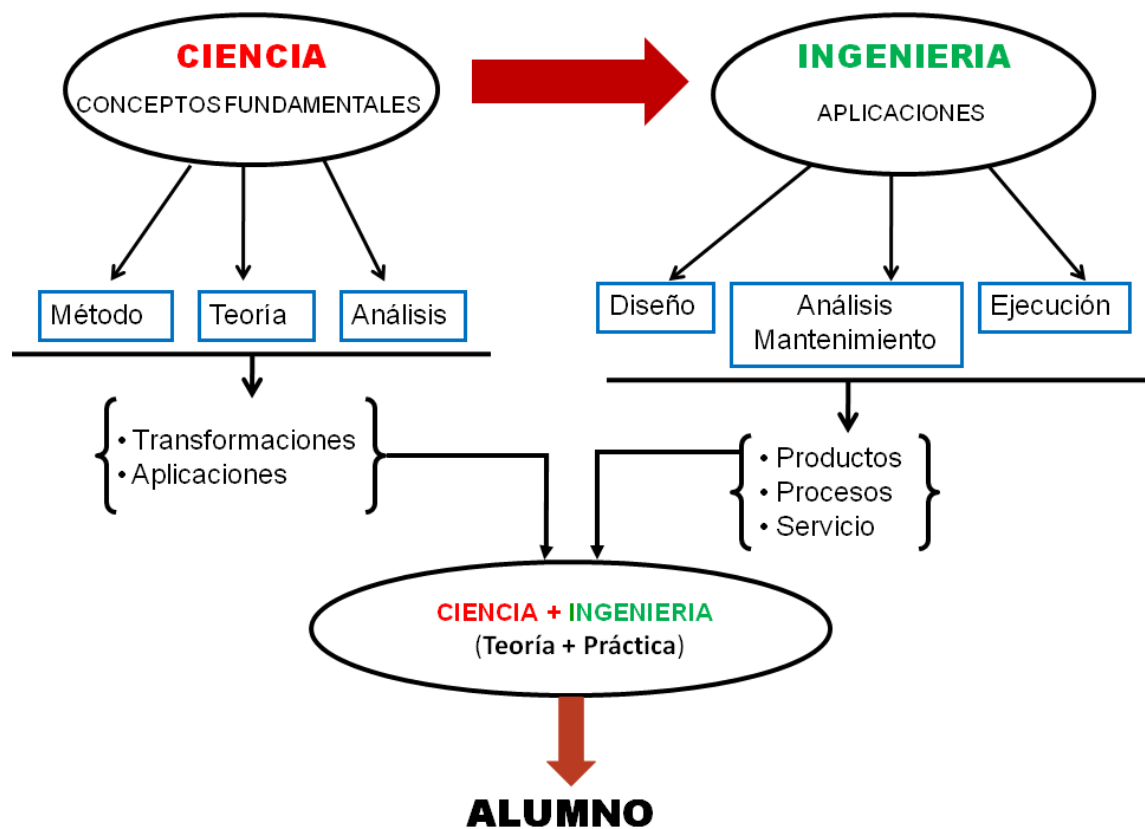


Figura 1 . Esquema del planteamiento de la docencia en asignaturas de Ciencia e Ingeniería y la repercusión en el alumno.

3. Desarrollo de la Metodología

El esquema de la metodología propuesta queda recogido en la Figura 2, y a continuación se comentará con detalle cada parcela de la misma. Durante la celebración de las Clases de Aula, se propone incitar e invitar al alumno a una participación muy activa, con una propuesta de la realización de una colección de Problemas, que en algunos casos incluso pueden plantearlos ellos. Así, justificarán de forma inmediata los aspectos teóricos, a veces muy complejos y áridos de captar, con el ejemplo de aplicación. Es decir, deberá aprender a definir un problema y resolverlo.

Evidentemente, la redacción de la colección de problemas debe manejar ejemplos reales en donde el alumno se encuentre familiarizado, o al menos, empiece a suscitar un interés. Para ello la figura del profesor es de capital importancia. Existen numerosas estrategia para plantear y abordar los problemas, y siempre con la finalidad de incentivar la motivación del alumno [7]. En el caso particular de Ciencia e Ingeniería de los Materiales, asignatura que vincula durante todo el curso académico a ambas disciplinas, se pueden disponer de numerosos ejemplos, entre los que destacamos por su inmediatez el comportamiento mecánico de los materiales y la corrosión en la justificación de la selección de materiales.

En cuanto a las Prácticas de Laboratorio, más o menos complejas atendiendo a la asignatura concreta que se trate, la propuesta es que su planteamiento sea muy sencillo, teniendo muy claro el objetivo de cada una de ellas en el contexto de la asignatura, y cómo se debe plantear la redacción de los resultados obtenidos en las mismas. En las prácticas hay que enseñar al alumno a observar, e incitarles a que pregunten, es decir que todo el tiempo que dediquen a la realización de la práctica quede optimizado en esa sinergia profesor-alumno. Al final del curso deberá presentar una memoria de prácticas, tanto con los datos objetivos obtenidos en las mismas como con una opinión personal. Este hecho también enriquecerá al profesor.

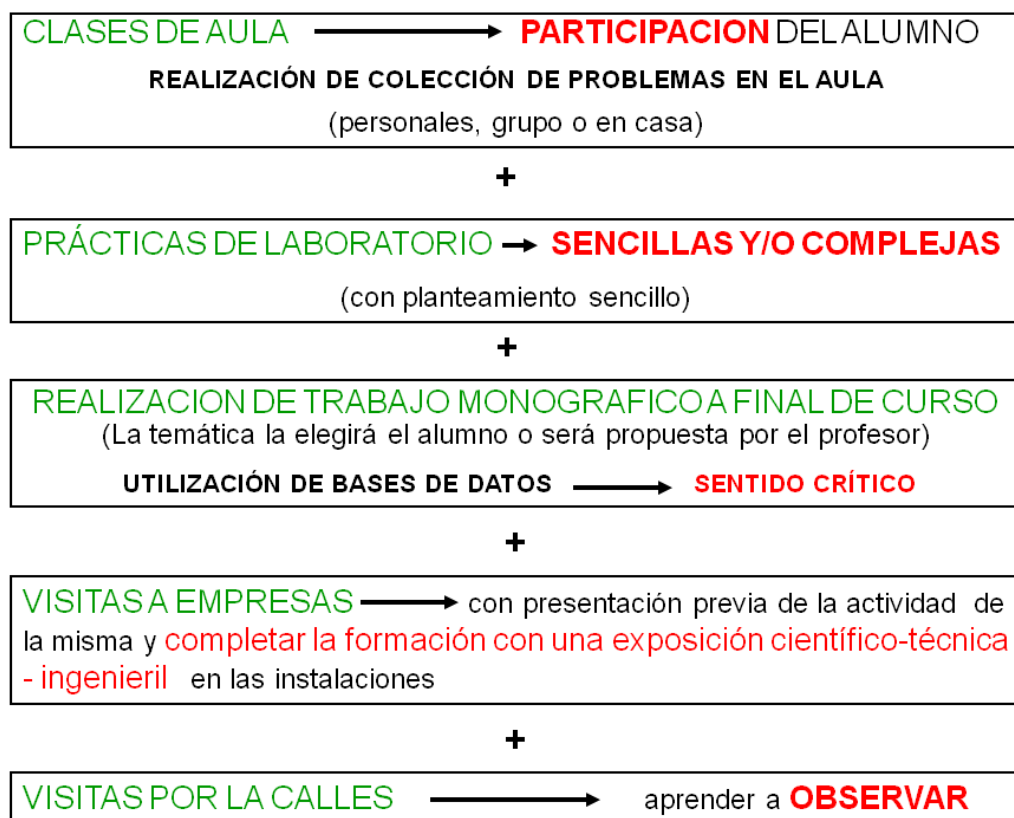


Figura 2. Aspectos metodológicos a tratar en la docencia de asignaturas de Ciencia e Ingeniería

Siempre y cuando sea posible, las visitas a empresas vinculadas con sectores afines a la asignatura son muy enriquecedores, para que el alumno observe procesos y técnicas de producción in situ. Así lo han demostrado experiencias previas de los autores de este trabajo. La primera firmante suele hacer un promedio de cinco visitas

con los alumnos a empresas de Cantabria. Tras las mismas, y tras una encuesta anónima a los alumnos, los autores han observado el altísimo grado de satisfacción de los alumnos, porque refuerza la unión actividad académica- actividad industrial, que generalmente aquél no es capaz de imaginar.

Por otro lado, también se propone realizar lo que denominamos “Visitas por la Calle”, con el fin de que el alumnado aprenda a observar, aspecto a veces olvidado pero de gran interés al ayudarle a desarrollar un sentido crítico. ¿Qué van a observar por la calle?. Pues depende de la asignatura; puede ser por ejemplo algún fenómeno, componente, estructura, etc. En primer lugar es conveniente que la observación se haga a principio de curso, en donde aún no tiene muy bien ubicada las asignaturas, pero ya supone un aliciente para romper lo que puede suponer una monotonía de clases de aula; otra visita debería realizarse a mitad del curso académico, en donde van apreciando con claridad la observación marcada a principio de curso, y la última visita al final de curso, en donde ya sí, tiene todos los elementos de juicio suficientes para apreciar el porqué de la misma, y realizar el informe necesario.

Al mismo tiempo se propone la realización de un Trabajo Monográfico de una temática de plena actualidad, que el alumno elegirá y expondrá al final del curso. A veces el alumno no se atreve a elegir el tema del trabajo, por lo que nuestra propuesta es publicar una serie de temáticas, y que los alumnos vayan eligiendo, conforme avance el curso académico. El trabajo puede realizarse tanto de forma unitaria como en grupo de dos personas; un número superior a dos alumnos no enriquece el trabajo personal, apreciación obtenida tras la experiencia que acumulamos durante nuestros años de docencia. Tanto la elección de la temática como el desarrollo del mismo le ayudará a aflorar ese espíritu científico que toda persona lleva dentro, pero que a veces es complejo fomentar. Al final se dará cuenta que ha desarrollado su creatividad, organización, ayudado por la base científica que ha ido adquiriendo. En la Tabla 1 se presenta una posible actuación frente a una práctica de laboratorio y/o el planteamiento de la observación realizada en la “Visita por la Calle”.

En todos los puntos reseñados anteriormente es imprescindible alentar la utilización de las fuentes bibliográficas, y las Bases de Datos disponibles.

Así las vías de actuación inmediata podrían resumirse de la siguiente forma:

- Aplicación de métodos activos de enseñanza e involucrar a los alumnos en las búsquedas que accedan a los conocimientos de las aplicaciones industriales en cada temática, y darles autonomía e iniciativa.
- Propuesta de trabajos prácticos en el laboratorio, para el desarrollo de su capacidad de análisis y síntesis, tanto de forma individual como en pequeños grupos.
- Realización de visitas a empresas vinculadas con los distintos temas tratados en las asignaturas, que avive su espíritu científico con el aspecto práctico inmediato ingenieril, y “Visitas por la Calle”, para que aprendan a observar el entorno y sacar críticamente conclusiones.
- Estancias en empresas para realizar trabajos de investigación y/o proyecto de fin de carrera.
- Apertura en el ámbito nacional e internacional, tanto en el Programa Séneca como en Erasmus

Y aún podemos hacer más: plantear la docencia de las asignaturas de Ciencia e Ingeniería haciendo partícipes a los distintos Departamentos, para que el esfuerzo de

todos redunde en la mayor formación del alumno, y no separar de forma estricta el planteamiento docente entre las ciencias aplicadas, la ingeniería y la tecnología [8]. Esta forma de trabajo ya se propone en algunas universidades norteamericanas, con buenos resultados en el rendimiento académico del alumnado [9].

Variable	Objetivo	Ejemplo
Problema	Resolverlo	Corrosión de una chapa de acero de construcción naval
Solución propuesta	Consideración y/o descripción de una solución potencial	a) Cambiar el material b) Inspección y Mantenimiento c) Potenciales electroquímicos de protección
Actitud frente al aprendizaje	Buscar la información solicitada de forma crítica para obtener la solución final al problema planteado en la práctica	a) ¿Cuánto se considera crítica una cinética de corrosión b) ¿Es factible cambiarlo por otro material? c) ¿Cuáles son los puntos más susceptibles de experimentar corrosión? d) ¿Cada cuánto tiempo se deben realizar labores de inspección mantenimiento?
Información encontrada	Recoger la información de forma sistemática	Si se aplica el adecuado sistema de protección frente a la corrosión no habrá problemas durante la vida útil de la estructura.
Aplicación de la información	Usos posteriores y adicionales que van surgiendo durante la adquisición de la información	a) Variables físico químico del agua de mar que influye en los procesos de corrosión marina: Corrosión Microbiológica. b) Uniones alternativas a la unión soldada: Unión Adhesiva c) Desarrollo de nuevos aceros de construcción naval

Tabla 1. Actuación frente a un problema planteado para la realización de un Trabajo Monográfico

La propuesta desarrollada en este trabajo es la aplicación de la metodología presentada en un contexto europeo internacional, como por ejemplo, Plan de Bolonia, aunque no sería descartable plantearla en un contexto más amplio que incluyera a los países iberoamericanos, norteamericanos, etc., Así se garantizaría la formación integral y homologable de nuestros alumnos. En el Reino Unido tienen la acreditación

RAE 2006 [10] y en Estados Unidos de América los sistemas NSB 2003, NAE 2005 y NSB 2008, [11] que persiguen dichos objetivos.

4. Conclusiones

Analizando los objetivos de la convergencia europea se propone hacer partícipe en todo momento al alumnado para que vaya viendo su progresión a lo largo del curso.

La metodología a adoptar quiere potenciar la relación íntima entre los aspectos científicos con los ingenieriles, y para ello se hace necesario manejar herramientas teórico-prácticas con el manejo de una amplísima terminología, a la que el alumno debe acostumbrarse, porque en algunas materias carece de ella. El alumno debe salir capacitado de la Universidad con un altísimo nivel de cualificación, hecho que también se trasladará al ámbito social.

La metodología presentada en este trabajo pretende que el alumno disfrute con el estudio, concepto que a un profesor nos puede resultar familiar, pero que al alumno es muy difícil hacérselo comprender.

REFERENCIAS

- [1] M. V. Biezma and J. Carpio, "La enseñanza de la Química en la Ciencia e Ingeniería de los Materiales". VI Taller Iberoamericano de Educación en Ciencia e Ingeniería de Materiales. Barcelona, Diciembre, (2008).
- [2] M. V. Biezma and J. Carpio, "La sinergia Química-Ingeniería en la Ciencia e Ingeniería de los Materiales". X Congreso Nacional de Materiales, San Sebastián, Vol. II, pp.1063-1066, (2008).
- [3] "Requisitos de nuevos alumnos".
http://poliz.usal.es/politecnica/nuevo_alumno.html Universidad de Salamanca
- [4] M. Garip, E. Erdil and A. Bisel. "Engineering faculty attitudes to general chemistry courses in engineering curricula", Journal of Chemical Education, Vol. 83, pp. 1873-1878, (2006).
- [5] M. Pavelich, B. Jenkins, J. Birk, R. Bauer and S. Krause, "Development of a chemistry concept inventory for use in chemistry, materials and other engineering courses". Proc. of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference", ASEE, pp. 3445-3452, (2004).
- [6] S. H. Gleixner, " Formas en las que los ingenieros pueden involucrarse en el reclutamiento de futuros científicos e ingenieros en materiales", Journal of Materials Education, Vol. 23, pp.39-45, (2001).
- [7] S. H. Gleixner and H. Lackritz, "Use of collaborative learning exercises to increase student motivation and learning in an introduction to materials engineering course". Proc. ASEE 2004 Annual Conference and Exposition, "Engineering Education Research New Heights", pp. 14731-14740, (2004).

- [8] F. A. Salustri, "Is it time to separate applied science and engineering?"
<http://deed.nyerson.cal-fil//Papers/cden04.pdf>
- [9] J. J. VanAntwerp, J.G., VanAntwerp, G. D. A. Vander and W. W. Wentzheimer, "Chemistry and Materials Science for all engineering disciplines: a novel interdisciplinary team-teaching approach". Proc. of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference", ASEE, pp. 1827-1833, (2004).
- [10] United Kingdom Engineering Council. The Education Base for Chartered Engineers. SARTOR, 3rd ed. Part 2. Document Ref: 2.1.1. 23 June 1998.No.2
<http://www.uk-spec.org.uk/sartor/Sartorpdfs/Section211.pdf>
- [11] Engineering Accreditation Commission of U.S. Accreditation Board for Engineers and Technologists (ABET) 2004-2005 Criteria for accrediting Engineering Programs. (<http://www.abet.org/LinkedDocuemnts-UPDATE/Criteria and PP/E00105-06>) EAC Criteria 9-15-05.pdf